

File 347:JAPIO Oct 1976-2000/Jul(UPDATED 001114)
(c) 2000 JPO & JAPIO

Set Items Description

?s pn=11-339674

S1 1 PN=11-339674

?t 1/9/1

1/9/1
DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2000 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06398021 **Image available**
ION SOURCE

PUB. NO.: 11-339674 [JP 11339674 A]
PUBLISHED: December 10, 1999 (19991210)
INVENTOR(s): SENOO KAZUHIRO
APPLICANT(s): NISSIN ELECTRIC CO LTD
APPL. NO.: 10-166404 [JP 98166404]
FILED: May 28, 1998 (19980528)
INTL CLASS: H01J-027/08; H01J-037/08

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To lengthen a stable operating time of an ion source, by making it unlikely to have a dielectric breakdown between both insulating materials caused by a conductive dirty film adhered to a peripheral surface exposed in a plasma generating container forming the two insulating materials for a filament.

SOLUTION: In this ion source, a grid-shaped groove 34 is severally provided on the peripheral surface of each insulating material 24a inside a plasma generating container 2 forming two insulating materials 24 for a filament 8. A dirty conductive film is unlikely to be peeled off from the peripheral surfaces of both insulating materials 24a by this grid-shaped groove 34, and a small piece is peeled off when peeled off, and therefore a dielectric breakdown caused by the dirty film is unlikely to occur between both insulating materials 24a, and a stable operating time of the ion source can be lengthened.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-339674

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) IntCl.⁶

H 0 1 J 27/08
37/08

識別記号

F I

H 0 1 J 27/08
37/08

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-166404

(22) 出願日 平成10年(1998)5月28日

(71) 出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72) 発明者 妹尾 和洋

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日
新電機株式会社内

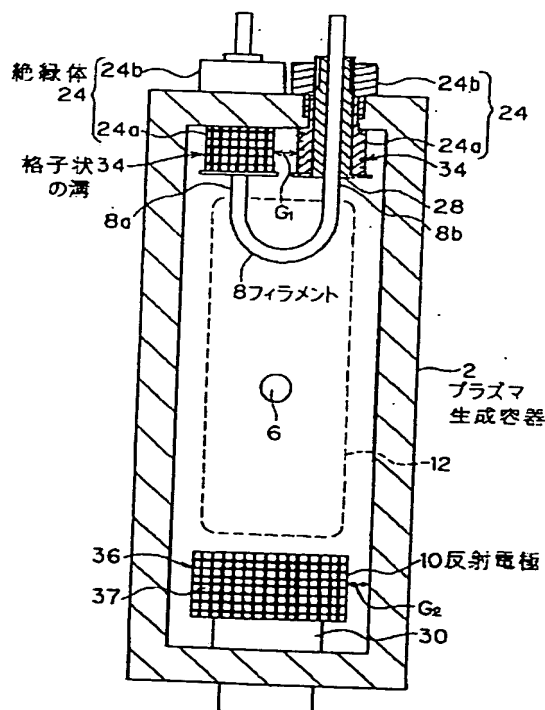
(74) 代理人 弁理士 山本 恵二

(54) 【発明の名称】 イオン源

(57) 【要約】

【課題】 フィラメント用の二つの絶縁体のプラズマ生成容器内に露出している外周面に付着する導電性の汚れ膜による両絶縁体間の絶縁破壊を起こりにくくして、イオン源の安定稼動時間を長くする。

【解決手段】 フィラメント8用の二つの絶縁体24のプラズマ生成容器2内に露出している外周面に、具体的には各絶縁体24を構成しているプラズマ生成容器2内側の各絶縁体24aの外周面に、格子状の溝34をそれぞれ設けた。この格子状の溝34によって、両絶縁体24aの外周面から導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜による両絶縁体24a間の絶縁破壊が起こりにくくなり、イオン源の安定稼動時間を長くすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 陽極を兼ねていてガスが導入されるプラズマ生成容器と、このプラズマ生成容器の一方側内にその壁面を貫通して設けられていて元の方向に曲げ返された形状のフィラメントと、このフィラメントがプラズマ生成容器の壁面を貫通する部分に設けられていてフィラメントとプラズマ生成容器との間を電気絶縁する二つの絶縁体とを備えるイオン源において、前記二つの絶縁体のプラズマ生成容器内に露出している外周面に格子状の溝をそれぞれ設けていることを特徴とするイオン源。

【請求項 2】 前記プラズマ生成容器の他方側内に設けられていてフィラメント電位または浮遊電位に保たれる反射電極を更に備えており、この反射電極の外周面に格子状の溝を設けている請求項 1 記載のイオン源。

【請求項 3】 前記プラズマ生成容器内に前記フィラメントを横切るように設けられたものであって、その二つの穴を前記フィラメントが隙間をあけて貫通しており、かつプラズマ生成容器と同電位のハウ素含有板を更に備えており、このハウ素含有板の相対向する二つの表面に格子状の溝をそれぞれ設けている請求項 1 または 2 記載のイオン源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、例えば U 字状のように元の方向に曲げ返された形状のフィラメントをプラズマ生成容器内に設けた構造のイオン源に関し、より具体的には、導電性の汚れ膜によるフィラメント用の二つの絶縁体間等の絶縁破壊を起りにくくして、イオン源の安定稼動時間を長くする手段に関する。

【0002】

【従来の技術】 この種のイオン源の一例が、例えば特開平 9-35648 号公報に開示されている。それを図 8 および図 9 を参照して説明する。

【0003】 このイオン源は、バーナス (Bernus) 型イオン源と呼ばれるものであり、陽極を兼ねていてガス導入口 6 からガスが導入されるプラズマ生成容器 2 と、このプラズマ生成容器 2 の一方側内にその壁面を貫通して設けられていて元の方向に曲げ返された形状のフィラメント 8 と、プラズマ生成容器 2 の他方側内にフィラメント 8 に対向するように設けられた反射電極 10 とを備えている。プラズマ生成容器 2 は、金属、より具体的にはモリブデン (Mo) 等の高融点金属で作られている。フィラメント 8 は、この例では概ね U 字状に曲げ

戻されている。

【0004】 プラズマ生成容器 2 の壁面には、フィラメント 8 と反射電極 10 とを結ぶ軸に沿う方向に長いイオン引出スリット 4 が設けられている。このイオン引出スリット 4 の出口付近には、プラズマ生成容器 2 内から (より具体的にはそこに生成されるプラズマ 12 から) イオンビーム 16 を引き出す引出し電極 14 が設け

られている。プラズマ生成容器 2 の外部には、その上記軸に沿う方向に磁界 B を発生させる磁界発生器 18 が設けられている。

【0005】 なお、フィラメント 8 の向きは、図 8 はフィラメント電源 20 との接続を明らかにするために便宜的に示したものであり、実際上は図 9 および図 10 に示すように、U 字状に曲げたフィラメント 8 を含む面がイオン引出スリット 4 にほぼ平行になるように配置されている。

10 【0006】 フィラメント 8 の両端には、図 8 に示すように、当該フィラメント 8 を加熱するためのフィラメント電源 20 が接続される。フィラメント 8 の一端とプラズマ生成容器 2 との間には、両者間でアーク放電を生じさせるためのアーク電源 22 が、前者を負極側にして接続される。フィラメント電源 20 の出力電圧は例えば 3 V 前後、アーク電源 22 の出力電圧は例えば 100 V 前後である。

20 【0007】 フィラメント 8 に印加される上記電圧を絶縁するために、フィラメント 8 が (具体的にはその二つの脚部 8a、8b が) プラズマ生成容器 2 を貫通する部分に、フィラメント 8 とプラズマ生成容器 2 との間を電気絶縁する二つの概ね円柱状または円筒状をした絶縁体 24 を設けている。各絶縁体 24 は、この例では図 9 に示すように、プラズマ生成容器 2 の壁面を挟んで内外から互いに嵌め合わされる二つの概ね円柱状または円筒状をした絶縁体 24a および 24b で構成されている。両絶縁体 24a および 24b の中心部には、フィラメント 8 を貫通させてそれを保持する導体 28 が設けられている。この導体 28 も金属、より具体的にはモリブデン等の高融点金属から成る。

30 【0008】 各絶縁体 24 のプラズマ生成容器 2 内に露出している外周面には、具体的にはこの例ではプラズマ生成容器 2 内側の各絶縁体 24a の外周面には、フィラメント 8 とプラズマ生成容器 2 との間の沿面距離を大きくして両者間の絶縁耐力を向上させるために、リング状の溝 26 を、絶縁体 24 の軸に (即ちフィラメント 8 に) 沿うように複数本設けている。この溝 26 の山と谷の寸法比は、概ね 1 対 1 である。

40 【0009】 反射電極 10 は、この例では概ね円柱状をしており、概ね円柱状をした絶縁体 30 を介してプラズマ生成容器 2 に取り付けられている。この反射電極 10 は、フィラメント 8 から放出された電子をはね返す作用をするものであり、図 8 に示す例のようにどこにも接続せずに浮遊電位にしても良いし、フィラメント 8 に接続してフィラメント電位に固定しても良い。浮遊電位にしても、この反射電極 10 には、プラズマ 12 中の軽くて移動度の高い電子が、イオンよりも遙かに多く入射して負電位に帯電するので、フィラメント 8 から放出された電子をはね返す作用をする。

50 【0010】 このような反射電極 10 を設けておくと、

フィラメント8から放出された電子は、プラズマ生成容器2内に印加されている軸方向の磁界Bおよびこれに直角方向の電界の作用を受けて、磁界Bの周りを巡回しながら、フィラメント8と反射電極10との間を往復運動するようになり、その結果、当該電子とガス分子との衝突確率が高くなってガスの電離効率が高まり、プラズマ生成容器2内に密度の高いプラズマ12を生成することができる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記イオン源の稼動を続けると、プラズマ生成容器2内に露出している部分に、導電性の薄い汚れ膜が付着する。この汚れ膜は、例えば、①プラズマ生成容器2内に導入したガスが分解して生じたもの、②あるいは当該ガスとプラズマ生成容器2等を構成する金属とが反応して生じたもの、等である。より具体例を示すと、ホウ素イオンビームを引き出すためにプラズマ生成容器2内にフッ化ホウ素(BF_3)ガスを導入すると、そのフッ素とプラズマ生成容器2を構成する例えばモリブデンとが反応した導電性の汚れ膜が生じる。

【0012】ここで、プラズマ生成容器2内に露出している左右二つの絶縁体24aに着目すると、当然その外周面にも、上記汚れ膜が付着する。そしてイオン源の稼動時間が長くなって汚れが進むと、熱歪を受ける等して、この汚れ膜は部分的に剥がれる。剥がれるときは、通常は薄い膜の状態を維持したままめくれ上がるように剥がれる。

【0013】ところが、このイオン源のように、元の方向に曲げ返された形状のフィラメント8を用いている場合は、左右二つの絶縁体24aは互いにかかなり接近して配置せざるを得ない。例えば、二つの絶縁体24a間の隙間G₁(図9参照)は3mm程度しかない。この二つの絶縁体24a間を、図10に示す例のように、上記剥がれた汚れ膜32がつないで(架け渡して)しまい、両絶縁体24a間の絶縁が破壊されることがある。

【0014】しかも、汚れが進むと、各絶縁体24aの外周面は、剥がれずに残っている導電性の汚れ膜を介して、フィラメント8の片端の電位にそれぞれなっており、互いに電位が異なる。この電位の異なる部分が、上記のように剥がれた汚れ膜32でつながるので、結果的に、フィラメント8の両端間の電気絶縁が保てなくなる。その結果例えば、この剥がれた汚れ膜32を通して左右の絶縁体24a間が電氣的に短絡してしまう。そうすると、フィラメント8を安定して通電加熱することができなくなり、ひいては当該イオン源を安定して稼動させることができなくなる。

【0015】そこでこの発明は、フィラメント用の二つの絶縁体のプラズマ生成容器内に露出している外周面に付着する導電性の汚れ膜による両絶縁体間の絶縁破壊を起りにくくして、イオン源の安定稼動時間を長くする

ことを主たる目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】この発明のイオン源は、前記二つの絶縁体のプラズマ生成容器内に露出している外周面に格子状の溝をそれぞれ設けていることを特徴としている。

【0017】このような構造にすると、絶縁体の外周面に付着する前記汚れ膜は、当然、その格子状の溝内にも付着する。この溝内に付着した膜は、あたかも楔のような作用をする。しかも、溝を格子状(即ち縦横の溝)にする方が、従来のリング状の溝(即ち横溝だけ)の場合に比べて、縦溝の部分が存在するぶん、楔のような作用は強くなる。従って、絶縁体の外周面に付着した汚れ膜は剥がれにくくなる。

【0018】しかも、絶縁体の外周面から汚れ膜が剥がれる場合でも、溝が格子状をしているので、従来のリング状の溝の場合に比べて、剥がれる汚れ膜の寸法は小さくなる。これは、格子状の溝の部分またはその溝の角の部分で汚れ膜は山の部分に比べて薄くなり、汚れ膜が剥がれる場合はその薄くなった部分で切断されるので、格子の一区画分相当の大きさの汚れ膜が生じやすくなるのに対して、従来のリング状の溝の場合は周方向に長い帯状の汚れ膜が生じやすいからである。

【0019】このようにこの発明によれば、フィラメント用の二つの絶縁体の外周面から導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜による両絶縁体間の絶縁破壊が起りにくくなり、イオン源の安定稼動時間を長くすることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】図1は、この発明に係るイオン源の一例をイオンビーム引き出し方向側から見て示す断面図である。図2は、図1中のフィラメント用の絶縁体周りを拡大して示す図である。図8および図9の従来例と同一または相当する部分には同一符号を付し、以下においては当該従来例との相違点を主に説明する。

【0021】この実施例においては、前述したフィラメント8用の二つの絶縁体24のプラズマ生成容器2内に露出している外周面に、具体的にはこの例では、各絶縁体24を構成しているプラズマ生成容器2内側の各絶縁体24aの外周面に、縦横の格子状の溝34をそれぞれ設けている。

【0022】この格子状の溝34の幅は例えば0.2mm程度、深さは例えば0.3mm程度にしている。この溝の幅は、あまり広くするとその上に付着する前述した汚れ膜が大きく剥がれやすくなるので、なるべく狭くする方が好ましい。例えば、0.5mm以下にするのが好ましい。

【0023】この格子状の溝34で囲まれる各区画、即ち各山の部分35(図2参照)の縦横の寸法は、それが

10

20

30

40

50

汚れ膜の剥がれる大きさを左右するので、左右の絶縁体 24 a 間の前述した隙間 G_1 の寸法以下にするのが好ましい。この例では一例として、山の部分 35 の寸法を 2 mm 角にしている。

【0024】このような構造にすると、絶縁体 24 a の外周面に付着する前述した導電性の汚れ膜は、当然、その格子状の溝 34 内にも付着する。この溝 34 内に付着した膜は、あたかも楔のような作用をする。しかも、溝 34 を格子状（即ち縦横の溝）にする方が、従来のリング状の溝 26（即ち横溝だけ）の場合に比べて、縦溝の部分が存在するぶん、楔のような作用は強くなる。従って、絶縁体 24 a の外周面に付着した汚れ膜は剥がれにくくなる。

【0025】しかも、絶縁体 24 a の外周面から汚れ膜が剥がれる場合でも、溝 34 が格子状をしているので、従来のリング状の溝 26 の場合に比べて、剥がれる汚れ膜の寸法は小さくなる。これは、格子状の溝 34 の部分またはその溝 34 の角の部分で汚れ膜は山の部分 35 に比べて薄くなり、汚れ膜が剥がれる場合はその薄くなった部分で切断されるので、格子の一区画分相当の、即ち山の部分 35 相当の大きさの汚れ膜が生じやすくなるのに対して、従来のリング状の溝 26 の場合は絶縁体 24 a の周方向に長い帯状の汚れ膜が生じやすいからである。

【0026】このようにこのイオン源によれば、フィラメント 8 用の二つの絶縁体 24 a の外周面から導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜による両絶縁体 24 a 間の絶縁破壊が起こりにくくなり、イオン源の安定稼動時間を長くすることができる。

【0027】なお、上記格子状の溝 34 は、必ずしも図 1 および図 2 に示す例のように縦横が直交している必要はなく、例えば図 3 または図 4 に示す例のように、斜めに交差したもので良い。また、図 4 の溝 34 に、その交点を通るような横方向の溝を更に追加したような構成のもので良い。

【0028】各絶縁体 24 は、必ずしも上記例のように二つの絶縁体 24 a および 24 b で構成する必要はない。例えば、内外一体の柱状または筒状の絶縁体で構成しても良く、その場合は、そのプラズマ生成容器 2 内に露出している外周面に上記のような格子状の溝 34 を設ければ良い。

【0029】上記内側の絶縁体 24 a を、例えば図 5 に示す例のように、更に二つの円筒状の絶縁体 241 a および 242 a から成る分割構造にしても良く、その場合は、そのプラズマ生成容器 2 内に露出している外側の絶縁体 241 a の外周面に上記のような格子状の溝 34 を設ければ良い。

【0030】ところで、上記導電性の汚れ膜は、プラズマ生成容器 2 内に設けている上記反射電極 10 にも付着

して剥がれることがある。その場合、従来の反射電極 10 の外周面は、図 9 に示したように、滑らかな曲面であるので、汚れ膜は比較的大きな寸法で剥がれやすい。しかも、この反射電極 10 の外周面とプラズマ生成容器 2 の壁面とはかなり接近して構成されていることが多く、両者間の隙間 G_2 （図 9 および図 10 参照）は、通常は 3 mm 程度しかない。従って、従来は例えば図 11 に示すように、剥がれた汚れ膜 32 が反射電極 10 とプラズマ生成容器 2 との間をつないでしまい、両者間の絶縁が破壊されることも起こる。そうすると、反射電極 10 の電位を正常に保てなくなるので、反射電極 10 が前述した電子反射作用を奏しなくなり、プラズマ 12 の密度が低下し、ひいては引き出せるイオンビーム 16 の量が低下する。例えば、正常時の 30% 程度のビーム電流しか得られなくなる。従って、イオン源を安定して稼動させることができなくなる。

【0031】これを解決するためには、例えば図 1 に示す例のように、反射電極 10 の外周面にも、上記格子状の溝 34 と同様の格子状の溝 36 を設けておくのが好ましい。

【0032】この格子状の溝 36 で囲まれる各区画、即ち各山の部分 37 の縦横の寸法は、上記格子状の溝 34 の場合と同様の理由から、反射電極 10 とプラズマ生成容器 2 との間の上記隙間 G_2 の寸法以下にするのが好ましい。

【0033】反射電極 10 に上記のような格子状の溝 36 を設けておくと、上記格子状の溝 34 の場合と同様の理由によって、反射電極 10 の外周面から導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜による反射電極 10 とプラズマ生成容器 2 との間の上記隙間 G_2 の寸法以下にするのが好ましく、この理由からもイオン源の安定稼動時間を長くすることができる。

【0034】また、例えば図 6 および図 7 に示す例のように、プラズマ生成容器 2 内にフィラメント 8 を横切るようにホウ素含有板 38 を設ける場合がある。このホウ素含有板 38 は、プラズマ生成容器 2 に取り付けられていてそれと同電位である。このホウ素含有板 38 は、二つの穴 40 を有しており、この穴 40 をフィラメント 8 が、電気絶縁のために隙間 G_3 （図 7 参照）をあけて貫通している。このホウ素含有板は例えば窒化ホウ素（BN）板である。

【0035】このようなホウ素含有板 38 を設ける理由は次のとおりである。即ち、例えば半導体への不純物注入に、プラズマ生成容器 2 内にホウ素（B）、リン（P）またはヒ素（As）を含むガスを導入してそれらのプラズマ 12 を生成し、ホウ素、リンまたはヒ素を含むイオンビーム 16 を引き出す場合、一般的に、リンイオンまたはヒ素イオンを引き出す場合に比べて、ホウ素イオンを多く引き出すことは難しい。これは、イオン源

のタイプに依らず一般的に言えることである。これに対して、上記のようなホウ素含有板38を設けると、それとフィラメント8との間のアーク放電や、プラズマ12中のイオンがホウ素含有板38をスパッタすることによって、ホウ素含有板38からホウ素イオンが飛び出してプラズマ12中にホウ素イオンが多く含まれるようになり、ホウ素イオンを多く引き出すことが可能になる。

【0036】ところが、上述した導電性の汚れ膜は、このホウ素含有板38の表面にも付着して剥がれることがある。その場合、ホウ素含有板38の表面が滑らかな平面だと、汚れ膜は比較的大きな寸法で剥がれやすい。この剥がれた汚れ膜が、例えば上記穴40の部分の隙間G₃をつなぐと、フィラメント8とホウ素含有板38ひいてはそれと同電位のプラズマ生成容器2との間の絶縁が破壊される。そうすると、プラズマ生成容器2内でプラズマ12生成用のアーク放電を正常に生じさせることができなくなるので、イオン源を安定して稼働させることができなくなる。

【0037】これを解決するためには、例えば図6および図7に示す例のように、ホウ素含有板38の相対向する二つの表面38aおよび38bにも、上記格子状の溝34と同様の格子状の溝42を設けておくのが好ましい。

【0038】この格子状の溝42で囲まれる各区画、即ち各山の部分43（図7参照）の縦横の寸法は、上記格子状の溝34の場合と同様の理由から、穴40の部分の上記隙間G₃の寸法以下にするのが好ましい。

【0039】ホウ素含有板38に上記のような格子状の溝42を設けておくと、上記格子状の溝34の場合と同様の理由によって、ホウ素含有板38の表面38a、38bから導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜によるフィラメント8とホウ素含有板38との間の絶縁破壊が起こりにくくなり、この理由からもイオン源の安定稼働時間を長くすることができる。

【0040】

【発明の効果】この発明は、上記のとおり構成されているので、次のような効果を奏する。

【0041】請求項1記載の発明によれば、フィラメント用の二つの絶縁体のプラズマ生成容器内に露出している外周面から導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜による両絶縁体間の絶縁破壊が起こりにくくなり、イオン源の安定稼働時間を長くすることができる。

【0042】請求項2記載の発明によれば、プラズマ生成容器内に上記のような反射電極を更に備えている場合でも、この反射電極の外周面から導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜による反射電極とプラズマ生成容器との間の絶縁破壊が起こりにくくなり、この理由からもイオン源の安定稼働時間を長くすることができる。

【0043】請求項3記載の発明によれば、プラズマ生成容器内に上記のようなホウ素含有板を更に備えている場合でも、このホウ素含有板の表面から導電性の汚れ膜が剥がれにくくなり、しかも剥がれる場合は小さい寸法で剥がれるので、当該汚れ膜によるフィラメントとホウ素含有板との間の絶縁破壊が起こりにくくなり、この理由からもイオン源の安定稼働時間を長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るイオン源の一例をイオンビーム引き出し方向側から見て示す断面図である。

【図2】図1中のフィラメント用の絶縁体周りを拡大して示す図である。

【図3】フィラメント用の絶縁体の外周面に設ける格子状の溝の他の例を示す図である。

【図4】フィラメント用の絶縁体の外周面に設ける格子状の溝の更に他の例を示す図である。

【図5】フィラメント用の分割構造の絶縁体の例を示す断面図である。

【図6】この発明に係るイオン源の他の例をイオンビーム引き出し方向側から見て部分的に示す断面図である。

【図7】図6の線C-Cに沿う断面図である。

【図8】従来のイオン源の一例を側方から見て示す断面図である。

【図9】図8のイオン源のプラズマ生成容器周りをイオンビーム引き出し方向側から見て拡大して示す断面図である。

【図10】図9の線A-Aに沿う断面図である。

【図11】図9の線B-Bに沿う断面図である。

【符号の説明】

2 プラズマ生成容器

8 フィラメント

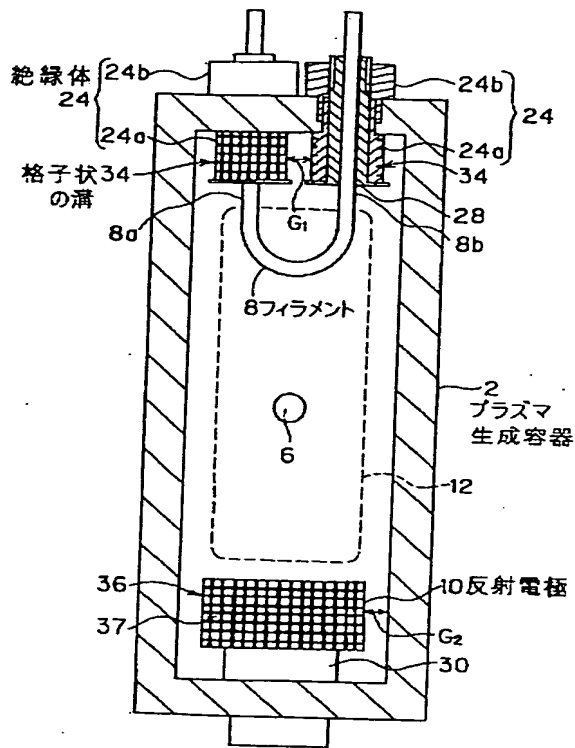
10 反射電極

24、24a、24b 絶縁体

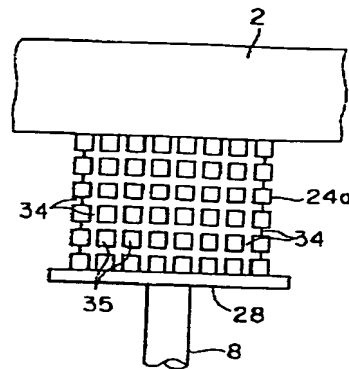
34、36、42 格子状の溝

38 ホウ素含有板

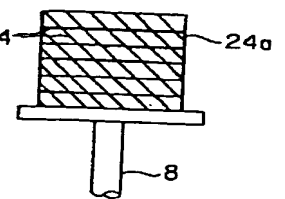
【図1】



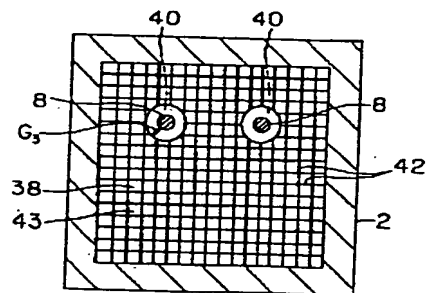
【図2】



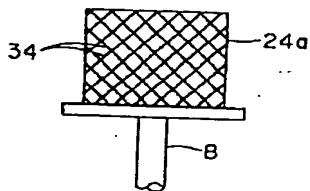
【図3】



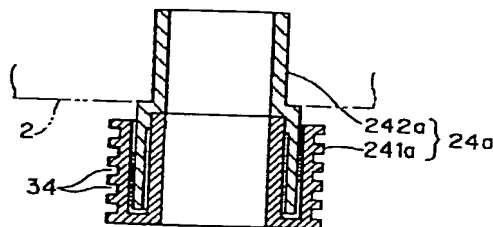
【図7】



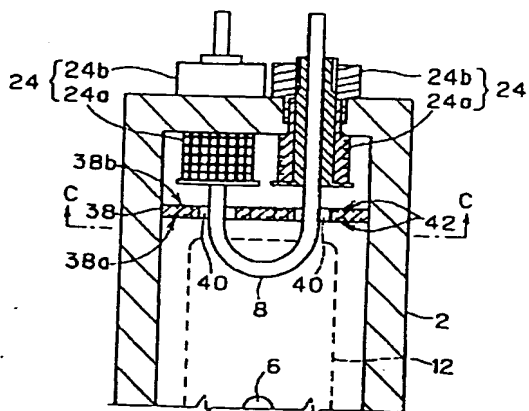
【図4】



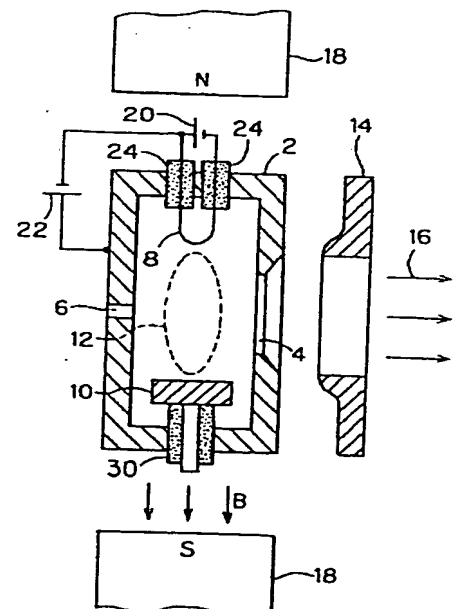
【図5】



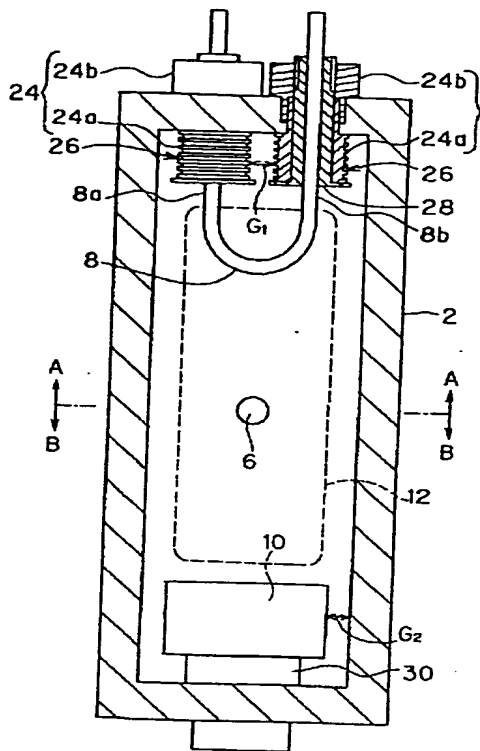
【図6】



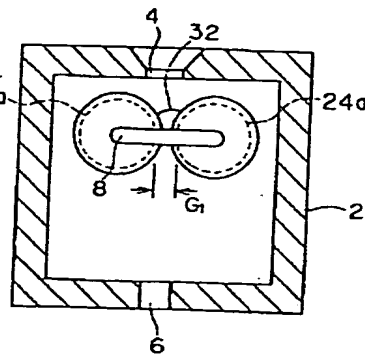
【図8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

